

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-102909

(43)Date of publication of application : 13.04.1999

(51)Int.Cl. H01L 21/3205
H01L 21/768

(21)Application number : 09-263040

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 29.09.1997

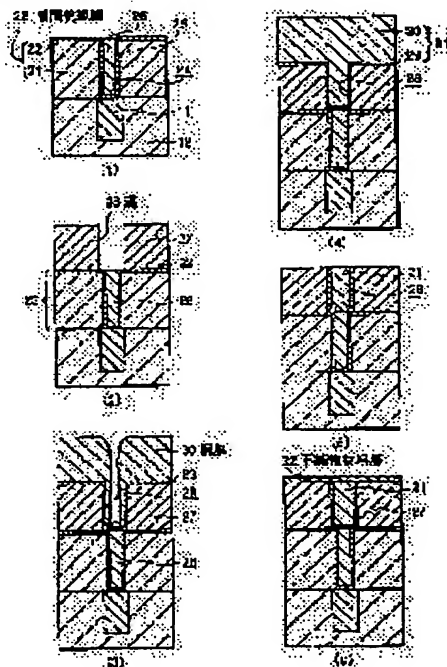
(72)Inventor : TAGUCHI MITSURU

(54) FORMING METHOD OF COPPER ALLOY WIRING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability of a copper alloy wiring, by forming an alloy containing impurities capable of improving electromigration resistance, without largely decreasing the resistance in a copper wiring formed in a trench.

SOLUTION: A copper film 30 is fluidized and buried in a recessed part (e.g. a trench 28, a connecting hole, etc.), formed in an interlayer insulating film 23 by, e.g. a reflow method heating copper, a high pressure reflow method pressurizing copper, etc. After an impurity material layer 32 is formed by depositing, e.g. zirconium as impurity material on the copper film 30, zirconium of the impurity material layer 32 is diffused in the copper film 30 by heat treatment.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-102909

(43)公開日 平成11年(1999)4月13日

(51)Int.Cl.⁶H01L 21/3205
21/768

識別記号

F I

H01L 21/88
21/90M
A

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-263040
(22)出願日 平成9年(1997)9月29日

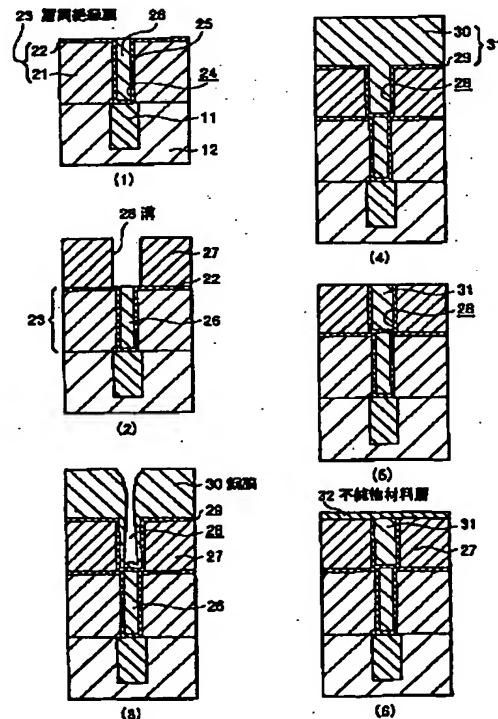
(71)出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72)発明者 田口 充
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(74)代理人 弁理士 船橋 國則

(54)【発明の名称】銅合金配線の形成方法

(57)【要約】

【課題】 銅-ジルコニウム合金は、リフローや高圧リフローによる埋め込みが困難であるので埋め込み不良（ボイドの発生）を生じ易く、配線信頼性の低下を来す。

【解決手段】 層間絶縁膜23に形成された凹部（例えば溝28、接続孔等）に、例えば銅を加熱することによるリフロー法、銅を加圧することによる高圧リフロー法等によって、銅膜30を流動させて埋め込む工程と、銅膜30上に不純物材料として、例えばジルコニウムを堆積して不純物材料層32を形成した後、加熱処理を行ってこの不純物材料層32のジルコニウムを銅膜30中に拡散させる工程とを備えた銅合金配線33の形成方法である。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 層間絶縁膜に形成された凹部に銅を流動させて埋め込む工程と、

前記銅上に不純物材料を堆積した後、加熱処理を行って前記不純物材料を前記銅中に拡散させる工程とを備えたことを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の銅合金配線の形成方法において、前記凹部は溝からなることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 3】 請求項 1 記載の銅合金配線の形成方法において、前記凹部は、溝および該溝の底部に形成した接続孔からなることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 4】 請求項 1 記載の銅合金配線の形成方法において、前記銅を流動させて前記凹部に埋め込む方法は、銅を加熱することによるリフロー法であることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 5】 請求項 2 記載の銅合金配線の形成方法において、前記銅を流動させて前記凹部に埋め込む方法は、銅を加熱することによるリフロー法であることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 6】 請求項 3 記載の銅合金配線の形成方法において、前記銅を流動させて前記凹部に埋め込む方法は、銅を加熱することによるリフロー法であることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 7】 請求項 1 記載の銅合金配線の形成方法において、前記銅を流動させて前記凹部に埋め込む方法は、銅を加圧することによる高圧リフロー法であることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 8】 請求項 2 記載の銅合金配線の形成方法において、前記銅を流動させて前記凹部に埋め込む方法は、銅を加圧することによる高圧リフロー法であることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【請求項 9】 請求項 3 記載の銅合金配線の形成方法において、前記銅を流動させて前記凹部に埋め込む方法は、銅を加圧することによる高圧リフロー法であることを特徴とする銅合金配線の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、銅合金配線の形成方法に関し、詳しくは不純物を含む銅合金配線の形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 超 L S I の高集積化によって内部配線の微細化が進むにしたがい、配線の低抵抗化、信頼性の改善に対する要求が高まっている。そこで、従来より L S I の配線材料として広く用いられてきたアルミニウム合金に替えて、銅を用いることが検討されている。

【0003】 一方、従来の配線形成方法に比べて微細加工に有利とされる、いわゆる溝配線技術が盛んに検討されている。溝配線とは、予め層間絶縁膜に所定の溝を形成した後、その溝の内部に配線材料を埋め込み、化学的機械研磨（以下 C M P という）等によって溝外部の配線材料を除去して、溝内に配線材料を残す方法である。一般に銅は反応性イオンエッチング（以下 R I E という）によるエッチングが困難とされているため、溝配線技術との整合性がよいと期待されている。

【0004】 溝配線の形成においては、溝内に配線材料を埋め込む技術の確立が一つの課題になっている。この技術としては、配線材料のスバッタ成膜後のリフロー法、高圧リフロー法、C V D 法、めっき法等が検討されている。特にスバッタ後のリフロー法や高圧リフロー法は、技術の完成度、安定性が高く、実用的な方法として期待されている。

【0005】 高圧リフロー法の埋め込み原理について説明する。図 5 の (1) に示すように、絶縁層 5 1 上に形成された下層配線 5 2 を覆う状態に層間絶縁膜 5 3 が形成されていて、この層間絶縁膜 5 3 には下層配線 5 2 に通じる接続孔 5 4 が形成されている。そして通常、スバッタ法により、接続孔 5 4 の内部とともに層間絶縁膜 5 3 上に、チタン膜、窒化チタン膜等の下地膜 5 5 を成膜し、続いて銅膜 5 6 を成膜する。その際に銅膜 5 6 により接続孔 5 4 の上部を橋渡し状態にして覆い、接続孔 5 4 の内部にボイド（空洞）5 7 を残す。このときボイド 5 7 の内部圧力はスバッタ雰囲気になっているので、ほぼ真空となる。

【0006】 引き続き図 5 の (2) に示すように、高真空雰囲気中にてウエハを 4 0 0 ° C ~ 4 5 0 ° C 程度に加熱し、銅膜 5 6 を軟化させるとともに、アルゴン等の不活性な高圧ガスにより銅膜 5 6 を流動させながら接続孔 5 4 の内部に押し込む。その結果、図 5 の (3) に示すように、接続孔 5 4 の内部には銅膜 5 6 の一部 5 6 a が充填される。上記説明では接続孔 5 4 を例にして説明したが、溝内に銅膜を埋め込む場合も上記同様に行う。

【0007】 一方、銅配線の信頼性をさらに向上させるため、銅中に微量のジルコニウム等の不純物を添加することが検討されている。ジルコニウムを添加する方法としては、通常、銅-ジルコニウム合金ターゲットによるスバッタ法が用いられる。ジルコニウムを微量に含む銅合金配線は、純銅に対する抵抗値の上昇が少なく、エレクトロマイグレーション耐性が向上することが知られている。添加されたジルコニウム等は銅の粒界に偏析することから銅の粒界拡散を抑制するので、信頼性が向上す

ると考えられている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、銅-ジルコニウム合金は、リフローや高圧リフローによる埋め込み性が困難であるといった問題点を有する。ここで高圧リフローによる溝埋め込みにおいて、埋め込み不良が生じた場合の一例を説明する。

【0009】図6に示すように、下層配線71、この下層配線71の段差を解消する平坦化絶縁膜72、その上に形成した層間絶縁膜73、下層配線71に接続するもので層間絶縁膜73に形成した接合孔内の設けたプラグ74、プラグ74および層間絶縁膜73上に形成した絶縁膜75、プラグ74上を通るもので絶縁膜75に形成した接続孔（または溝）76、その接続孔（または溝）76内壁およびその絶縁膜75上に形成した下地膜77、その下地膜77上に、溝76上部を覆う状態に形成した銅-ジルコニウム合金膜78が備えられている。この状態で、高圧リフローによる銅-ジルコニウム合金膜78の埋め込みを行うと、銅-ジルコニウム合金膜78は十分な流動性が得られないために、接続孔（または溝）76の内部に埋め込むことが困難となる。そのため、接続孔（または溝）76の内部にボイド（空洞）79が発生する。その結果、信頼性が劣化する。これは、銅にジルコニウムを添加することで銅合金の再結晶温度が上昇するために、流動性が得られ難くなるためといえる。

【0010】また、エレクトロマイグレーション等の信頼性を向上させるために添加される材料としては、ジルコニウムの他にクロム（Cr）、カドミウム（Cd）、銀（Ag）等も考えられるが、いずれも、再結晶温度を上昇させる性質を有するため、銅合金の流動性が低下して埋め込み不良を誘発する。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するためになされた銅合金配線の形成方法である。すなわち、層間絶縁膜に形成された凹部（例えば、溝、溝およびこの溝の底部に形成した接続孔）に銅を流動させて埋め込む工程（例えば、リフロー法または高圧リフロー法により埋め込む工程）と、その銅上に不純物材料を堆積した後、加熱処理を行って不純物材料を銅中に拡散させる工程とを備えた銅合金配線の形成方法である。

【0012】上記銅合金配線の形成方法では、層間絶縁膜に形成された凹部に銅を流動させて埋め込んだ後、その銅上に不純物材料を堆積してから加熱処理を行って不純物材料を銅中に拡散させることから、銅の流動性を損ねることなく、凹部に銅が埋め込まれる。そして加熱処理を行って不純物材料を銅中に拡散させることから、銅と不純物との合金が作製される。

【0013】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態に係わる一例

を第1実施形態として、図1および図2の製造工程図によって説明する。図1および図2では、銅の埋め込みに高温リフローを用いた銅合金配線の形成方法を示す。

【0014】図1の（1）に示すように、半導体基板（図示省略）上に素子形成から下層配線11の形成までの一連のプロセスを行い、所定の平坦化プロセスにより平坦化絶縁膜12を形成する。次いで、プラズマCVD法による酸化シリコン（以下 PE-SiO_2 と記す）を例えば $0.8\mu\text{m}$ の厚さに堆積して、酸化シリコン膜21を形成する。続いてプラズマCVD法による窒化シリコン（以下 PE-SiN と記す）を例えば 50nm の厚さに堆積して、窒化シリコン膜22を形成して、酸化シリコン膜21と窒化シリコン膜22とからなる層間絶縁膜23を形成する。

【0015】次いで通常のリソグラフィ技術とエッチングとによって、上記層間絶縁膜23に下層配線11に通じる接続孔24を開孔する。この接続孔24の口径は、例えば $0.2\mu\text{m}$ とした。上記エッチングは、例えば反応性イオンエッチング（RIE）で行い、その際、窒化シリコン膜22のエッチング条件と酸化シリコン膜21のエッチング条件とを順次切り換えることにより行った。

【0016】上記窒化シリコン膜22のエッチング条件の一例を以下に示す。

エッチングガス：トリフルオロメタン（ CHF_3 ）； 75sccm 〔以下、 sccm は標準状態における体積流量（ $\text{cm}^3/\text{分}$ ）を表す〕と酸素（ O_2 ）； 35sccm 、

RFパワー： 600W 、

エッチング雰囲気圧力： 5Pa 、

基板温度： 20°C に設定した。

【0017】また、上記酸化シリコン膜21のエッチング条件の一例を以下に示す。

エッチングガス：トリフルオロメタン（ CHF_3 ）； 75sccm と酸素（ O_2 ）； 8sccm 、

RFパワー： 1.2kW 、

エッチング雰囲気圧力： 7Pa 、

基板温度： 20°C に設定した。

【0018】次に、通常タングステンプラグの形成プロセスによって、上記接続孔24の内部に窒化チタンからなる下地膜25を形成してからタングステンプラグ26を形成する。

【0019】次に図1の（2）に示すように、層間絶縁膜23上に、 PE-SiO_2 を例えば $0.6\mu\text{m}$ の厚さに堆積して酸化シリコン膜27を形成した後、通常のリソグラフィ技術とエッチング（例えばRIE）とによって上記タングステンプラグ26上を通るように酸化シリコン膜27に溝28を形成する。この溝28を加工する際に上記窒化シリコン膜22はエッチングストッパとしての機能を有する。なお、上記溝28の幅は、一例と

して、 $0.3\mu\text{m}$ とした。

【0020】次に図1の(3)に示すように、アルゴンスパッタエッチングによって、タングステンプラグ26の上部に形成されている自然酸化膜(図示省略)を除去する。続いてDCマグネトロンスパッタ法によって、溝28の内壁および酸化シリコン膜27上に、チタン膜を例えば 20nm の厚さに形成し、さらに窒化チタン膜を例えば 50nm の厚さに形成して下地膜29を形成する。続けて銅膜30を例えば 500nm の厚さに形成する。

【0021】上記Arスパッタエッチングの条件の一例を以下に示す。

印加電圧： 1kV 、

エッチングガス：アルゴン(Ar)； 100sccm 、

エッチング雰囲気圧力： 0.4Pa 、

基板温度： 400°C に設定し、酸化シリコン換算で 30nm の厚さをエッチングした。

【0022】また、上記下地膜29の窒化チタン膜の成膜条件の一例を以下に示す。

DCパワー： 6kW 、

プロセスガス：アルゴン(Ar)； 100sccm 、

スパッタ雰囲気圧力： 0.4Pa 、

基板温度： 200°C に設定した。

【0023】上記下地膜29の窒化チタン膜の成膜条件の一例を以下に示す。

DCパワー： 12kW 、

プロセスガス：アルゴン(Ar)； 20sccm と窒素(N_2)； 70sccm 、

スパッタ雰囲気圧力： 0.4Pa 、

基板温度： 200°C に設定した。

【0024】上記銅膜30の成膜条件の一例を以下に示す。

DCパワー： 12kW 、

プロセスガス：アルゴン(Ar)； 100sccm 、

スパッタ雰囲気圧力： 0.4Pa 、

基板温度： 200°C に設定した。

【0025】次に図1の(4)に示すように、加熱処理を行って銅膜30の一部を溝28の内部にリフローさせる。ここでは加熱処理によるリフローを行った。その加熱条件の一例を以下に示す。

【0026】プロセスガス：アルゴン(Ar)、

加熱温度： 450°C 、

処理雰囲気圧力：大気圧、

リフロー時間： 30 分間に設定した。

【0027】次いで通常のCMP工程によって、溝28の外側に形成されている配線材料(下地膜29および銅膜30)31を除去して、図1の(5)に示すように、溝28の内部に上記配線材料31を残す。

【0028】次いで図1の(6)に示すように、上記配線材料31上および上記酸化シリコン膜27上に、銅に

添加する不純物材料として、例えばジルコニウムを 50nm の厚さにスパッタ成膜によって堆積して、不純物材料層32を形成する。

【0029】上記スパッタ成膜条件の一例を以下に示す。

DCパワー： 10kW 、

プロセスガス：アルゴン(Ar)； 10sccm 、

処理雰囲気圧力： 0.4Pa 、

成膜温度： 200°C に設定した。

10 【0030】次に、図2の(7)に示すように、加熱処理を行い、不純物材料層32のジルコニウムを溝28内の銅膜30中に拡散させる。

【0031】上記加熱処理条件の一例を以下に示す。

プロセスガス：アルゴン(Ar)、

処理雰囲気圧力：大気圧、

加熱温度： 500°C 、

加熱時間： 30 分に設定した。この加熱温度は、銅膜30に対して不純物材料層32の不純物の固相拡散が起きる温度以上、熱損傷の影響がない温度以下で、適宜選択される。例えば上記ジルコニウムの場合には、加熱温度は $350^\circ\text{C}\sim 550^\circ\text{C}$ 、加熱時間は 10 分～ 60 分が好ましい。

【0032】次に、再度CMP加工によって、溝28の外の配線材料31および不純物材料層32を除去して、図2の(8)に示すように、溝28の内部に、ジルコニウムを拡散してなる銅合金配線33を形成する。

【0033】なお、上記接続した第1実施形態のように、銅のCMPを行った後にジルコニウムを堆積する方法に代えて、ジルコニウムの成膜を銅のリフローの後に30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200 201 202 203 204 205 206 207 208 209 210 211 212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 261 262 263 264 265 266 267 268 269 270 271 272 273 274 275 276 277 278 279 280 281 282 283 284 285 286 287 288 289 290 291 292 293 294 295 296 297 298 299 300 301 302 303 304 305 306 307 308 309 310 311 312 313 314 315 316 317 318 319 320 321 322 323 324 325 326 327 328 329 330 331 332 333 334 335 336 337 338 339 340 341 342 343 344 345 346 347 348 349 350 351 352 353 354 355 356 357 358 359 360 361 362 363 364 365 366 367 368 369 370 371 372 373 374 375 376 377 378 379 380 381 382 383 384 385 386 387 388 389 390 391 392 393 394 395 396 397 398 399 400 401 402 403 404 405 406 407 408 409 410 411 412 413 414 415 416 417 418 419 420 421 422 423 424 425 426 427 428 429 430 431 432 433 434 435 436 437 438 439 440 441 442 443 444 445 446 447 448 449 450 451 452 453 454 455 456 457 458 459 460 461 462 463 464 465 466 467 468 469 470 471 472 473 474 475 476 477 478 479 480 481 482 483 484 485 486 487 488 489 490 491 492 493 494 495 496 497 498 499 500 501 502 503 504 505 506 507 508 509 510 511 512 513 514 515 516 517 518 519 520 521 522 523 524 525 526 527 528 529 530 531 532 533 534 535 536 537 538 539 540 541 542 543 544 545 546 547 548 549 550 551 552 553 554 555 556 557 558 559 560 561 562 563 564 565 566 567 568 569 570 571 572 573 574 575 576 577 578 579 580 581 582 583 584 585 586 587 588 589 590 591 592 593 594 595 596 597 598 599 600 601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617 618 619 620 621 622 623 624 625 626 627 628 629 630 631 632 633 634 635 636 637 638 639 640 641 642 643 644 645 646 647 648 649 650 651 652 653 654 655 656 657 658 659 660 661 662 663 664 665 666 667 668 669 670 671 672 673 674 675 676 677 678 679 680 681 682 683 684 685 686 687 688 689 690 691 692 693 694 695 696 697 698 699 700 701 702 703 704 705 706 707 708 709 710 711 712 713 714 715 716 717 718 719 720 721 722 723 724 725 726 727 728 729 730 731 732 733 734 735 736 737 738 739 740 741 742 743 744 745 746 747 748 749 750 751 752 753 754 755 756 757 758 759 760 761 762 763 764 765 766 767 768 769 770 771 772 773 774 775 776 777 778 779 780 781 782 783 784 785 786 787 788 789 790 791 792 793 794 795 796 797 798 799 800 801 802 803 804 805 806 807 808 809 810 811 812 813 814 815 816 817 818 819 820 821 822 823 824 825 826 827 828 829 830 831 832 833 834 835 836 837 838 839 840 841 842 843 844 845 846 847 848 849 850 851 852 853 854 855 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885 886 887 888 889 890 891 892 893 894 895 896 897 898 899 900 901 902 903 904 905 906 907 908 909 910 911 912 913 914 915 916 917 918 919 920 921 922 923 924 925 926 927 928 929 930 931 932 933 934 935 936 937 938 939 940 941 942 943 944 945 946 947 948 949 950 951 952 953 954 955 956 957 958 959 960 961 962 963 964 965 966 967 968 969 970 971 972 973 974 975 976 977 978 979 980 981 982 983 984 985 986 987 988 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999 1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083 1084 1085 1086 1087 1088 1089 1090 1091 1092 1093 1094 1095 1096 1097 1098 1099 1100 1101 1102 1103 1104 1105 1106 1107 1108 1109 1110 1111 1112 1113 1114 1115 1116 1117 1118 1119 1120 1121 1122 1123 1124 1125 1126 1127 1128 1129 1130 1131 1132 1133 1134 1135 1136 1137 1138 1139 1140 1141 1142 1143 1144 1145 1146 1147 1148 1149 1150 1151 1152 1153 1154 1155 1156 1157 1158 1159 1160 1161 1162 1163 1164 1165 1166 1167 1168 1169 1170 1171 1172 1173 1174 1175 1176 1177 1178 1179 1180 1181 1182 1183 1184 1185 1186 1187 1188 1189 1190 1191 1192 1193 1194 1195 1196 1197 1198 1199 1200 1201 1202 1203 1204 1205 1206 1207 1208 1209 1210 1211 1212 1213 1214 1215 1216 1217 1218 1219 1220 1221 1222 1223 1224 1225 1226 1227 1228 1229 1230 1231 1232 1233 1234 1235 1236 1237 1238 1239 1240 1241 1242 1243 1244 1245 1246 1247 1248 1249 1250 1251 1252 1253 1254 1255 1256 1257 1258 1259 1260 1261 1262 1263 1264 1265 1266 1267 1268 1269 1270 1271 1272 1273 1274 1275 1276 1277 1278 1279 1280 1281 1282 1283 1284 1285 1286 1287 1288 1289 1290 1291 1292 1293 1294 1295 1296 1297 1298 1299 1300 1301 1302 1303 1304 1305 1306 1307 1308 1309 1310 1311 1312 1313 1314 1315 1316 1317 1318 1319 1320 1321 1322 1323 1324 1325 1326 1327 1328 1329 1330 1331 1332 1333 1334 1335 1336 1337 1338 1339 1340 1341 1342 1343 1344 1345 1346 1347 1348 1349 1350 1351 1352 1353 1354 1355 1356 1357 1358 1359 1360 1361 1362 1363 1364 1365 1366 1367 1368 1369 1370 1371 1372 1373 1374 1375 1376 1377 1378 1379 1380 1381 1382 1383 1384 1385 1386 1387 1388 1389 1390 1391 1392 1393 1394 1395 1396 1397 1398 1399 1400 1401 1402 1403 1404 1405 1406 1407 1408 1409 1410 1411 1412 1413 1414 1415 1416 1417 1418 1419 1420 1421 1422 1423 1424 1425 1426 1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800 1801 1802 1803 1804 1805 1806 1807 1808 1809 1810 1811 1812 1813 1814 1815 1816 1817 1818 1819 1820 1821 1822 1823 1824 1825 1826 1827 1828 1829 1830 1831 1832 1833 1834 1835 1836 1837 1838 1839 1840 1841 1842 1843 1844 1845 1846 1847 1848 1849 1850 1851 1852 1853 1854 1855 1856 1857 1858 1859 1860 1861 1862 1863 1864 1865 1866 1867 1868 1869 1870 1871 1872 1873 1874 1875 1876 1877 1878 1879 1880 1881 1882 1883 1884 1885 1886 1887 1888 1889 1890 1891 1892 1893 1894 1895 1896 1897 1898 1899 1900 1901 1902 1903 1904 1905 1906 1907 1908 1909 1910 1911 1912 1913 1914 1915 1916 1917 1918 1919 1920 1921 1922 1923 1924 1925 1926 1927 1928 1929 1930 1931 1932 1933 1934 1935 1936 1937 1938 1939 1940 1941 1942 1943 1944 1945 1946 1947 1948 1949 1950 1951 1952 1953 1954 1955 1956 1957 1958 1959 1960 1961 1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980 1981 1982 1983 1984 1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141

部品と同様のものには同一符号を付与する。

【0036】図3の(1)に示すように、半導体基板(図示省略)上に素子形成から下層配線11の形成までの一連のプロセスを行い、所定の平坦化プロセスにより平坦化絶縁膜12を形成する。次いで、プラズマCVD法による酸化シリコン(以下 $PE-SiO_2$ と記す)を例えば $0.8\mu m$ の厚さに堆積して、酸化シリコン膜21を形成する。続いてプラズマCVD法による $PE-SiN$ を例えば $50nm$ の厚さに堆積して、窒化シリコン膜22を形成する。さらにプラズマCVD法による $PE-SiO_2$ を例えば $0.6\mu m$ の厚さに堆積して、酸化シリコン膜27を形成する。次いで通常のリソグラフィ技術とエッチングとによって、上記酸化シリコン膜27に溝28を加工する。この溝28の幅は、例えば $0.3\mu m$ とした。

【0037】続いて図3の(2)に示すように、通常のリソグラフィ技術とエッチングとによって、上記溝28の底部における上記窒化シリコン膜22および酸化シリコン膜21に下層配線11に通じる接続孔24を開口する。この接続孔24の口径は、例えば $0.2\mu m$ とした。上記エッチングは、例えば反応性イオンエッチング(RIE)で行い、その際、窒化シリコンのエッチング条件と酸化シリコンのエッチング条件とを順次切り換えることにより行った。

【0038】上記窒化シリコン膜22、酸化シリコン膜21のエッチング条件は、前記第1実施形態と同様である。

【0039】次に図3の(3)に示すように、アルゴンスパッタエッチングによって、接続孔24の底部に露出した下層配線11の上部に形成されている自然酸化膜(図示省略)を除去した後、DCマグネトロンスパッタ法によって、上記溝28と接続孔24との各内壁および酸化シリコン膜27上に、チタンを例えば $20nm$ の厚さに堆積し、続いて窒化チタンを例えば $50nm$ の厚さに堆積して下地膜29を形成し、次いで上記溝28上を覆う状態に、銅膜30を例えば $500nm$ の厚さに形成する。

【0040】上記Arスパッタエッチングの条件、上記チタン、窒化チタンの下地膜29の成膜条件、上記銅膜30の成膜条件の一例は、前記第1実施形態で説明した条件と同様である。

【0041】次に図3の(4)に示すように、高圧リフロー法によって、銅膜30を溝28および接続孔24の内部に埋め込む。その高圧リフロー条件の一例を以下に示す。

【0042】プロセスガス：アルゴン(Ar)、
圧力： $10MPa$ 、
処理温度： $440^{\circ}C$ 、
加圧時間：1分間に設定した。

【0043】次いで通常のCMP工程によって、溝28

の外側に形成されている配線材料(下地膜29および銅膜30)31を除去して、図3の(5)に示すように、溝28および接続孔24の内部に上記配線材料31を残す。

【0044】次いで図3の(6)に示すように、上記残した配線材料31上および酸化シリコン膜27上に、銅に添加する不純物材料として例えばジルコニウムを $50nm$ の厚さにスパッタ成膜によって堆積して、不純物材料層32を形成する。このジルコニウムの成膜条件は前記第1実施形態と同様である。

【0045】次に、図4の(7)に示すように、加熱処理を行い、不純物材料層32のジルコニウムを銅膜30中に拡散させる。この加熱処理条件は前記第1実施形態と同様である。

【0046】次に、再度CMP加工によって、溝28の外の不純物材料層32を除去して、図4の(8)に示すように、溝28の内部に、ジルコニウムを拡散してなる銅合金配線層33を形成する。このとき、接続孔24の内部に埋め込まれている部分もジルコニウムを拡散した銅合金からなっている。

【0047】なお、上記接続した第1実施形態のように、銅のCMPを行った後にジルコニウムを堆積する方法に代えて、ジルコニウムの成膜を銅のリフローの後にを行い、ジルコニウムを銅膜30中に拡散させた後に溝外の銅およびジルコニウムをCMPによって除去するという方法も採用することができる。

【0048】上記第2実施形態の銅合金配線の形成方法では、高圧リフロー法により溝28内および接続孔24内に銅膜30を流動させて埋め込んだ後、その銅上にジルコニウムを堆積して不純物材料層32を形成してから加熱処理を行ってジルコニウムを銅膜30中に拡散させることから、銅膜30の流動性を損ねることなく、溝28および接続孔24内に銅が埋め込まれる。そして加熱処理を行ってジルコニウムを銅膜30中に拡散させることから、銅と不純物との合金が作製される。

【0049】なお、本発明の発明は、上記各実施形態に限定されるものではなく、例えば銅の下地膜として用いた窒化チタン/チタンに代えて、チタタングステン(TiW)、タングステン(W)、タングステンシリサイド(WSi)、窒化タングステン(WN)、窒化タングステンシリサイド(WSiN)、タンタル(Ta)、窒化タンタル(TaN)、炭化タンタル(TaC)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、およびこれらのうちの複数層からなる積層膜等を用いることが可能である。

【0050】また、銅に添加する不純物材料としては、標準焼きなまし銅線に対する電気伝導率がおよそ80%以上確保できるような材料が好ましく、上記ジルコニウムの他に、クロム(Cr)、カドミウム(Cd)、銀(Ag)、マグネシウム(Mg)等を用いることが可能

である。これらの材料を銅に添加した場合、銅合金の抵抗上昇は比較的小さく、かつ信頼性の向上を図ることができる。

【0051】また、上記不純物材料を銅中に拡散させる雰囲気は、上記説明したようなアルゴン雰囲気のように、不活性な雰囲気または真空中が好ましい。

【0052】上記不純物材料の銅膜中への拡散量は、銅膜状に堆積される不純物材料層の膜厚、拡散時間、拡散温度等によって制御することが可能である。一般に拡散時間を長くすると、また拡散温度を高くすると、拡散量が増加する。

【0053】

【発明の効果】以上、説明したように本発明によれば、層間絶縁膜に形成された凹部に銅を流動させて埋め込んだ後、その銅上に不純物材料を堆積してから加熱処理を行って不純物材料を銅中に拡散させるので、銅の流動性を損ねることなく、凹部に銅を埋め込むことができる。そして加熱処理を行って不純物材料を銅中に拡散させるので、銅と不純物との合金を作製することができる。その結果、溝内に形成される銅配線中に抵抗を大きくさげ、

ることなくエレクトロマイグレーション耐性を向上させることが可能な不純物を含む合金を形成することができるので、銅合金配線の信頼性の向上が図れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の銅合金配線の形成方法に係わる第1実施形態を説明する製造工程図である。

【図2】本発明の銅合金配線の形成方法に係わる第1実施形態を説明する製造工程図（続き）である。

【図3】本発明の銅合金配線の形成方法に係わる第2実施形態を説明する製造工程図である。

【図4】本発明の銅合金配線の形成方法に係わる第2実施形態を説明する製造工程図（続き）である。

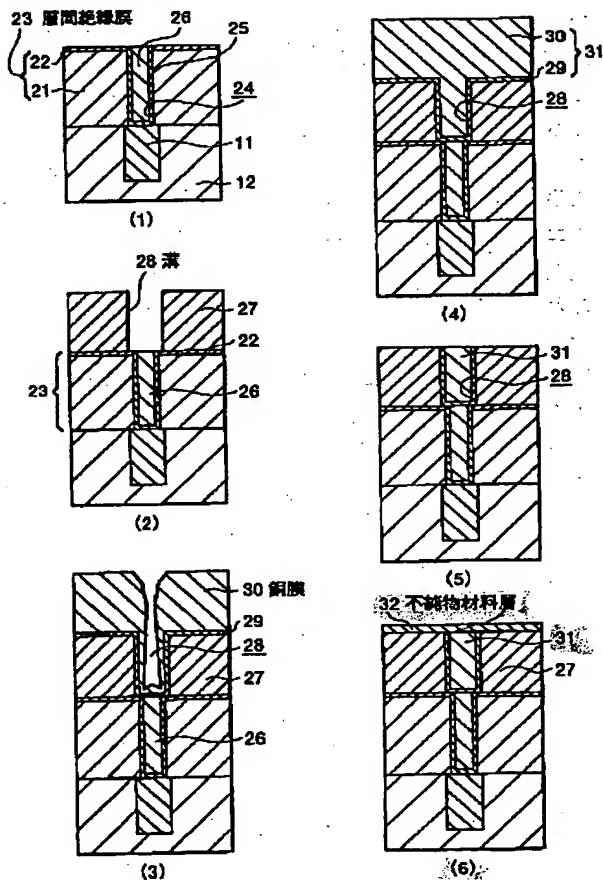
【図5】高圧リフロー法を用いた従来の銅配線の形成方法を説明する製造工程図である。

【図6】高圧リフロー法を用いた従来の銅配線の形成方法に係わる課題の説明図である。

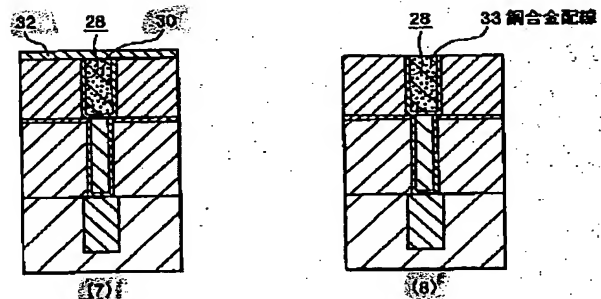
【符号の説明】

23…層間絶縁膜、28…溝、30…銅膜、32…不純物材料層、33…銅合金配線

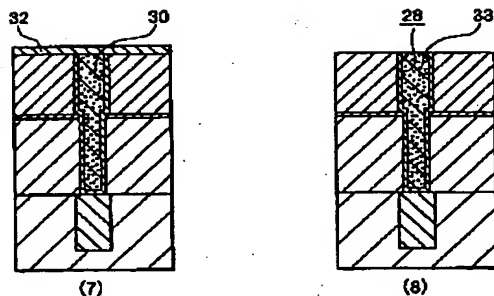
【図1】



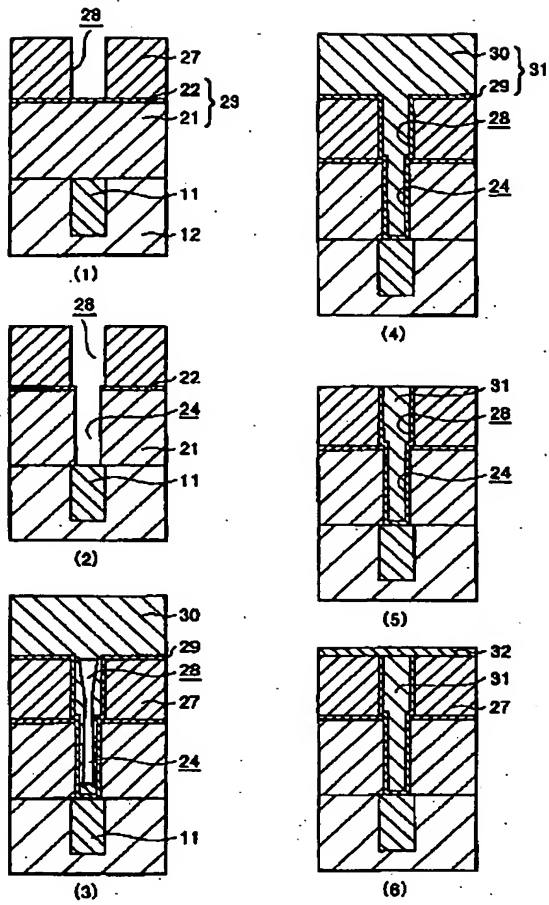
【図2】



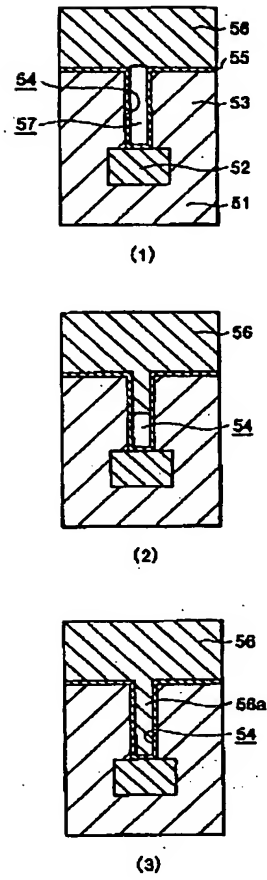
【図4】



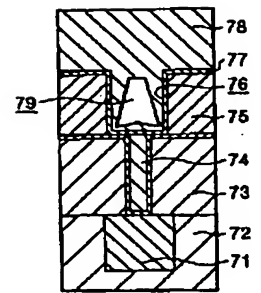
【図 3】



【図 5】



【図 6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)